

対称な部品と2次元での数値計算

著者	熊谷 正朗
雑誌名	プラントエンジニア
巻	50
号	9
ページ	76-77
発行年	2018-09
URL	http://id.nii.ac.jp/1204/00024131/

対称な部品と2次元での数値計算

ロボット等をつくっていると、しばしば「対称」が出てきます。つい最近も、一对の対称な部品を設計、製作しました。紙の図面を書き、手作業で加工する場合には、対称なセットの部品というのはシンプルなようで、実質的な手間はほぼ2個分かかります。ですが、今回は3次元CAD+3次元プリンタだったので、CADのミラー機能で鏡像対称な部品を生成し、そのデータをプリンタにいれるだけで、手をかける時間はほぼ1個分と変わりません。しかも、もととなる形状の設計を変更すると鏡像側も連動して変わります。

ロボット・メカトロに限らず、機械設計では対称性は明に暗に考慮されます。対称には、鏡に映したような関係の鏡像対称（平面上では線対称）、ある角度で回転させると元と形が重なる回転対称（平面で180度のものが点対称）、一定の距離だけ動かすと重なる並進対称があります。たとえば、内部はともかく全体的な外見では乗り物や家電などで鏡像対称な形のものは多く存在しますし、自動車のライト類のような部品は、互いに鏡像対称な形状の二種の部品があります。回転するものを取り付けるハブ部品やフランジ軸継ぎ手は回転対称で、「 $360 \text{度} \div \text{穴の数}$ 」の角度だけ回転させるともとと重なります。複数のものを並べる場合や、汎用の固定部（フライス盤の溝：Tスロットなど）などは等間隔＝並進対称的な構造になりま

す。これらの対称性の理由には見た目のデザインによるものもあれば、設計・製造・運用を楽にするためのものもあります。一方で、回転・並進対称なものはズレた位置で組み立てるミスがあり得るため、あえて対称性を避ける場合もあります。

鏡像対称は機械の運動特性の上でも意義があります。機械の各部品は作用した力に対して重心を基準とした移動・回転をします。たとえば、力を加えた方向と重心がズレていると、望まない回転やねじれが生じる可能性があります。言い換えれば、重心の位置と力のかけ方に気を遣う必要があります。ここで、もし部品が鏡像対称であれば重心は対称面上にあり、そこへの駆動入力も対称面上なら、この条件は自動的に満たされるため、「対称になるように設計する」だけで済むわけです。

また、一般に鏡像対称の関係にあるものの特性は何か一つが正負反転します。簡単な例では右ねじと左ねじは、回した方向に対する移動方向が逆になります。機構を接続するロッドエンドや張力をかけるターンバックルなどはこれを利用し、回すことで伸縮します。複雑な例では人型ロボットの両腕・両脚は横方向の座標が正負するのみで、実質的に同じ制御・演算式を使えます。これがもし、左右で異なる機構にしていたら、それぞれに対応するものが必要となります。ただし、前述のように機械という観点では、部品そのものに対称

熊谷正朗—KUMAGAI MASA-NAKI—

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 教授

東北学院大学工学部 教授／仙台市地域連携フェロー(ロボットメカトロ系担当)。2000年東北大学大学院工学研究科修了、博士(工学)、同大助手。03年東北学院大学講師、助教授、准教授を経て、現在に至る。ロボメカ系開発を専門とし、メカの設計からマイコンやサーバのソフト開発までを行う。「基礎からのメカトロニクス講座」や地域企業訪問も実施中。



性がないと、結局、部品の種類としては2倍必要にはなります。

このような対称性はコンピュータシミュレーションでも活用されます。たとえば、まっすぐ飛ぶ飛行機や自動車の周りの空気の流れの計算をする場合、鏡像対称であれば半分のみの演算で済みます。半分という意味はかなり大きく、計算に12時間かかるものが6時間で終わり、同じ時間をかけるならより細かく計算して精度を上げることができます。このときの対称な面、上例では中心を通る鉛直な面では、この面を横切るようなものの移動はありません。なぜなら、たとえば、右半分からこの面を左に超えていくような流れがあると、対称という前提から、左半分から右にも流れなければならない、この境界面で一致しないためです。言い換えれば、その面には上下前後の流れしかないことになります。

つぎに、丸パイプのなかのシンプルな流れを考えてみましょう。このパイプを、中心線を含む面で真っ二つ(半円筒×2)にしてみると、その面について鏡像対称です。これは「中心線を含む面」なら、どの方向の面でも成立します。上述のとおり、対称面を横切る流れはなく、対称面の面内の流れだけになるはずで、これを利用すると、丸パイプという3次元形状の解析を、その断面の2次元解析でできることを意味します(しかも中心

軸から外周まで)。2次元で済むと計算が劇的に楽になります。これは円柱・円筒状のものでは、流体に限らず、力のかかり方や電磁場の解析などでも使える手法で、コンピュータが非力な頃から、手動や数値計算による解析が行われてきました。一方で、四角い断面などになるとこの方法は使えなくなります。

似た考え方で、ある部材が、平面に描いた形状の断面を持ち、奥行き方向には(奥も手前も)無限の長さを持つと仮定すると、この平面に平行な面でどこで切っても、その面が鏡像対称の面になります(長さに限りがあると、手前と奥で長い／短いが生じますが)。この場合も2次元の解析ができ、たとえばモータの輪切り断面形状の解析で特性を得ることができます。ただし、あくまでこの計算は「無限の長さ」を仮定するので、両端の存在する現実のものとは差が生じます。その分は性能が低めに出たり、特性がずれたりしますが、それでも試作前のかかなり有力な目安にはなります。

以上のように「対称であること」にはさまざまな利点があります。多くの設計では当たり前のように対称性が出てきますが、それによる利点を知ること、逆に何らかの理由で非対称にしなければならないとなったときに、どんな影響があるのかを考えることは、大事なことだと思います。